

Between sounds and words. Neurophysiological studies on speech processing in adults, normally reading children, and children with developmental dyslexia

Citation for published version (APA):

Bonte, M. L. (2005). *Between sounds and words. Neurophysiological studies on speech processing in adults, normally reading children, and children with developmental dyslexia*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20051005mb>

Document status and date:

Published: 01/01/2005

DOI:

[10.26481/dis.20051005mb](https://doi.org/10.26481/dis.20051005mb)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 05 May. 2023

Summary

This thesis investigates neurophysiological correlates of speech processing in adults, normally reading children, and children with developmental dyslexia. It focuses on the neural time course of prelexical analysis. Brain activity was measured with electro-encephalography (EEG) or magneto-encephalography (MEG). Both are non-invasive techniques that allow the investigation of on-line information processing in the brain with millisecond precision. In the EEG studies (chapters 2-5), strength and timing of neurophysiological activity was calculated from event-related potentials (ERPs) as measured at specific locations on the scalp. In the MEG study (chapter 6) activated brain areas were modelled using equivalent current dipoles (ECDs).

The studies in this thesis provide empirical evidence for the existence of several levels of prelexical processing and/or representation in the brain. In particular, they suggest that the neural processing of speech exploits subtle acoustic-phonetic cues (chapter 6), phonetic-phonological information of word onsets (chapters 2 and 3) and phonological regularities in the sequential arrangement of phonemes (chapters 4 and 5). Furthermore, this thesis contributes to a better understanding of normal developmental changes in prelexical processing (chapters 2, 3 and 5) and prelexical processing anomalies in children with developmental dyslexia (chapters 3 and 5).

Chapter 1 provides a concise introduction to the main theoretical and methodological issues addressed in the thesis. The following experimental studies are presented in the context of ongoing developments in psycholinguistic and cognitive neuroscientific research on speech processing, language development and developmental dyslexia.

During early school years, the prelexical processing of speech may change considerably due to vocabulary growth and the acquisition of reading. Chapter 2 describes an ERP study in which such developmental changes were investigated. In two experiments, we examined ERP correlates of implicit phonological processing (alliteration priming) during spoken word recognition (auditory lexical decision task). Subjects were pre-schoolers who were not able to read yet (5-6 yr), beginning readers (7-8 yr) and adults. Developmental changes in ERP morphology and latency indicated an increase in speed and efficiency of neural processes necessary for word recognition. In addition, group differences in ERP priming effects supported the idea that the neural system subserving the recognition of spoken words undergoes substantial restructuring at the level of phonological analysis.

In a subsequent study, described in Chapter 3, we used the same experimental paradigm to investigate ERP correlates of implicit phonological processing in children with developmental dyslexia. Developmental dyslexia is a persistent difficulty in learning to read in children with otherwise normal intellectual functioning and educational opportunities. The last 25 years of research have firmly established the idea that difficulties in phonological processing play a central role in this disorder. Yet, on-line phonological processing (in)capacities in dyslexics remain virtually unexplored, as studies have typically used tasks that focus on either

phonological awareness or, at the other extreme, basic perception. To study neurophysiological correlates of implicit phonological processing, we compared ERP morphology and ERP alliteration priming effects in dyslexic and normally reading children (7-10 yr). Our results indicated that, in the absence of phonological task requirements, dyslexics exhibit selective processing anomalies at an earlier phonetic-phonological level, while processing at a later phonological-lexical level proceeds normally. Based on these findings we formulated the hypothesis that dyslexia involves a specific dysfunction in the prelexical processing of speech.

Chapters 4 and 5 investigated neurophysiological correlates of a prelexical regularity that starts to influence speech processing during early language development, i.e. the distributional frequency of speech sound (phoneme) combinations. This distributional frequency is typically called phonotactic probability, where phonotactic refers to the sequential arrangement of phonemes in the syllables and words of a given language. We employed an ERP measure sensitive to experience-dependent changes in auditory cortical responses to speech, i.e. the mismatch negativity (MMN). In a modified passive oddball paradigm that minimizes the contribution of acoustic processes, we presented pairs of non-words that differed by the degree of phonotactic probability. The results of this study revealed that auditory cortical responses to meaningless speech are modulated by phonotactic regularities of phoneme clusters, with comparable effects in normally reading adults (chapter 4) and children (chapter 5). More generally, these findings highlight the relevance of the language environment in shaping the neural system underlying the processing of speech.

In chapter 5 we further investigated the hypothesis that dyslexia involves an anomaly in the prelexical processing of speech (chapter 3). Using our phonological MMN paradigm we tested whether dyslexic children would show a neurophysiological sensitivity to phonotactic probability comparable to that of normally reading children and adults. We used non-word stimuli that involved a clear phonetic contrast (/s/ fricative vs. /k/ stop consonant) for which no auditory discrimination problems have been reported in dyslexics. Accordingly, our results showed comparable acoustic-phonetic processing of these non-words in normally reading and dyslexic children. However, dyslexic children did not show a normal sensitivity to variation in phonotactic probability. These results support and extend our previous findings (chapter 3) and indicate that the prelexical processing deficiency in dyslexic children also includes the implicit processing of phonological regularities. More specifically, this study corroborates the idea that developmental dyslexia involves a deficit in the phonetic-phonological processing of speech that may not be reducible to a low-level auditory/sensory deficit.

How is the perception of speech sounds influenced by acoustic-phonetic cues and the linguistic context in which they are presented? In chapter 6 we used MEG to investigate the influence of lexical-semantic context (top-down information) and acoustic-phonetic cues (bottom-up information) on the neural processing of meaningless, natural, speech syllables in the auditory cortex. Subjects were normally reading adults. The processing of synthetic meaningless speech sounds typically does not proceed beyond prelexical perceptual analysis. However, our MEG findings revealed that realistic acoustic-phonetic cues and the presence of a lexical-semantic context trigger word-like activation in the superior temporal

cortex. The efficiency of meaning-based analysis of speech may thus be subserved by a cortical system finely tuned to lexically relevant acoustic-phonetic and contextual cues.

Samenvatting

Dit proefschrift onderzoekt neurofysiologische maten voor spraakverwerking in volwassenen, normaal lezende kinderen, en kinderen met dyslexie. Het richt zich op het tijdsverloop van prelexicale verwerking in de hersenen. Hersenactiviteit werd gemeten met behulp van elektro-encefalografie (EEG) of magneto-encefalografie (MEG). Beiden zijn non-invasieve technieken die het mogelijk maken om informatie verwerking in de hersenen op milliseconden niveau te onderzoeken. In de EEG studies (hoofdstuk 2 t/m 5), werd het tijdsverloop en de mate van neurofysiologische activiteit geschat aan de hand van event-related potentials (ERPs) gemeten op specifieke locaties op de schedel. In de MEG studie (hoofdstuk 6) werden actieve hersengebieden in kaart gebracht met behulp van equivalent current dipoles (ECDs).

De studies in dit proefschrift leveren empirisch bewijs voor het bestaan van verschillende niveau's van prelexicale verwerking en/of representaties in de hersenen. Ze wijzen er specifiek op dat de hersenen tijdens de verwerking van spraak gebruik maken van subtiële akoestisch-fonetische cues (hoofdstuk 6), fonetisch-fonologische informatie aan het begin van woorden (hoofdstukken 2 en 3) en fonologische regelmatigigheden in de opeenvolging van fonemen (hoofdstukken 4 en 5). Bovendien draagt dit proefschrift bij aan een verbeterd inzicht in normale ontwikkelingsgerelateerde veranderingen in prelexicale verwerking (hoofdstukken 2, 3 en 5) en anomalieën in prelexicale verwerking bij kinderen met ontwikkelingsdyslexie (hoofdstukken 3 en 5).

Hoofdstuk 1 geeft een beknopte inleiding in de belangrijkste theoretische en methodologische onderwerpen die in dit proefschrift aan de orde komen. De daaropvolgende experimentele studies worden besproken in de context van lopende ontwikkelingen in psycholinguïstisch en cognitief neurowetenschappelijk onderzoek naar spraakverwerking, taalontwikkeling en ontwikkelingsdyslexie.

Tijdens de eerste schooljaren zouden aanzienlijke veranderingen in de prelexicale verwerking van spraak plaats kunnen vinden ten gevolge van een groeiende woordenschat en het leren lezen. Hoofdstuk 2 beschrijft een ERP studie waarin zulke ontwikkelingsgerelateerde veranderingen onderzocht werden. We onderzochten ERP maten voor impliciete fonologische verwerking (alliteratie priming) tijdens de herkenning van gesproken woorden (auditive lexicale beslissingstaak). Proefpersonen waren kleuters die nog niet konden lezen (5-6 jaar), beginnende lezers (7-8 jaar) en volwassenen. Ontwikkelingsgerelateerde veranderingen in de morfologie en latentie van ERPs wezen op een toename in snelheid en efficiëntie van de neurale processen die nodig zijn voor woordherkenning. Bovendien ondersteunden groepsverschillen in ERP priming effecten het idee dat het neurale systeem voor gesproken woordherkenning een aanzienlijke herstructurering ondergaat op het niveau van fonologische analyse.

In een volgende studie, beschreven in hoofdstuk 3, gebruikten we hetzelfde experimentele paradigma om ERP maten voor impliciete fonologische verwerking bij kinderen met ontwikkelingsdyslexie te onderzoeken. Ontwikkelingsdyslexie wordt gekenmerkt door aanhoudende moeilijkheden met het leren lezen bij

kinderen die verder over normale intellectuele vaardigheden en onderwijsmogelijkheden beschikken. Onderzoek in de afgelopen 25 jaar heeft het idee gevestigd dat moeilijkheden in de fonologische verwerking een centrale rol spelen bij dyslexie. Toch is er weinig bekend over het on-line verloop van fonologische verwerking in dyslectici, omdat studies doorgaans taken gebruikt hebben die zich richten op óf fonologisch bewustzijn, óf, aan de andere kant, basale waarneming. Om neurofysiologische maten voor impliciete fonologische verwerking te bestuderen, hebben we ERP morfologie en ERP alliteratie-priming effecten in dyslectische en normaal lezende kinderen (7-10 jaar) onderzocht. Onze resultaten gaven aan dat dyslectici, zonder de vereisten van een fonologische taak, selectieve anomalieën vertonen in de vroege verwerking van fonetisch-fonologische informatie, terwijl de latere fonologisch-lexicale verwerking normaal verloopt. Op basis van deze bevindingen formuleerden we de hypothese dat dyslexie gepaard gaat met een specifieke afwijking in de prelexicale verwerking van spraak.

Hoofdstukken 4 en 5 onderzochten neurofysiologische maten voor een prelexicale regelmatigheid die de verwerking van spraak al tijdens de vroege taalontwikkeling beïnvloedt, dwz. de frequentie van voorkomen van spraakklank (foneem) combinaties. Deze frequentie van voorkomen wordt doorgaans fonotactische waarschijnlijkheid genoemd, waarbij fonotactisch staat voor de rangschikking van opeenvolgende fonemen in de lettergrepen en woorden van een gegeven taal. We gebruikten een ERP maat die gevoelig is voor ervaringsgerelateerde veranderingen in auditieve corticale reacties op spraak, dwz. de mismatch negativity (MMN). Non-woord paren die verschilden in de mate van fonotactische waarschijnlijkheid werden aangeboden in een aangepast passief oddball paradigma dat de bijdrage van akoestische processen minimaliseert. De resultaten van deze studie onthulden dat auditieve corticale reacties op betekenisloze spraak beïnvloedt worden door fonotactische regelmatigheden van foneemclusters, met vergelijkbare effecten voor normaal lezende volwassenen (hoofdstuk 4) en kinderen (hoofdstuk 5). Meer algemeen benadrukken deze bevindingen de relevantie van de taalomgeving bij de vorming van het neurale systeem voor spraakverwerking.

In hoofdstuk 5 werd de hypothese dat dyslexie gepaard gaat met een anomalie in de prelexicale verwerking van spraak (hoofdstuk 3) nader onderzocht. Door gebruik te maken van ons fonologische MMN paradigma werd getest of dyslectische kinderen een neurofysiologische gevoeligheid voor fonotactische waarschijnlijkheid zouden vertonen die vergelijkbaar is met die van normaal lezende volwassenen en kinderen. We gebruikten non-woord stimuli met een duidelijk fonetisch contrast (/s/ fricatief vs. /k/ plosief), waarvoor geen auditieve discriminatie problemen bij dyslectici gerapporteerd zijn. In overeenkomst hiermee lieten onze resultaten vergelijkbare akoestisch-fonetische verwerking van deze non-woorden zien in normaal lezende en dyslectische kinderen. Daarentegen toonden dyslectische kinderen geen normale gevoeligheid voor variatie in fonotactische waarschijnlijkheid. Deze resultaten ondersteunen en verbreden onze voorgaande bevindingen (hoofdstuk 3) en geven aan dat het prelexicale verwerkingstekort in dyslectische kinderen ook betrekking heeft op de impliciete verwerking van fonologische regelmatigheden. In het bijzonder benadrukt deze studie het idee dat ontwikkelingsdyslexie gepaard gaat met een tekort in de fonetisch-fonologische

verwerking van spraak dat mogelijk niet reduceerbaar is tot een basaal auditief/sensorisch tekort.

Hoe wordt de waarneming van spraakklanken beïnvloed door akoestisch-fonetische cues en de linguïstische context waarin ze worden aangeboden? In hoofdstuk 6 gebruikten we MEG om de invloed van de lexicaal-semantic context (top-down informatie) en akoestische-fonetische cues (bottom-up informatie) op de neurale verwerking van betekenisloze gesproken lettergrepen te onderzoeken. Proefpersonen waren normaal lezende volwassenen. De verwerking van kunstmatige, betekenisloze spraakklanken gaat doorgaans niet verder dan prelexicale perceptuele analyse. Onze MEG bevindingen onthulden echter dat natuurlijke akoestisch-fonetische cues en de aanwezigheid van een lexicaal-semantic context leiden tot woordachtige verwerking van lettergrepen in de auditieve cortex. De efficiëntie van betekenisgerelateerde analyse van spraak is dus mogelijk gebaseerd op een corticaal systeem dat precies afgestemd is op akoestisch-fonetische en contextuele cues die relevant zijn voor lexicale verwerking.